

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з курсу інженерної геодезії
Частина 1.

«РОЗВ'ЯЗАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ
НА ТОПОГРАФІЧНОМУ ПЛАНІ»

*(для студентів 2 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»)*

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу інженерної геодезії. Частина 1. «Розв'язання інженерних задач на топографічному плані» (для студентів 2 курсу заочної форми навчання напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад: І. С. Глушенкова, Л. Г. Запара – Х.: ХНАМГ, 2011 – 35с.

Укладачі: І. С. Глушенкова, Л. Г. Запара

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Рецензент : к.т.н., доц. В. О. Пеньков

**Затверджено на засіданні кафедри Геоінформаційних систем і геодезії
протокол № 5 від 22 грудня 2009 р.**

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальні відомості про план, карту і профіль земної поверхні.....	5
1.1. Поняття про план, карту і профіль земної поверхні.....	5
1.2. Математична основа та позарамкове оформлення карт і планів.....	5
1.3. Умовні знаки топографічних планів і карт.....	6
2. Масштаби топографічних планів та карт. Вправи з масштабами.....	8
2.1. Види масштабів.....	8
2.2. Вправи з масштабом.....	9
2.3. Побудова лінії заданої довжини в заданому масштабі.....	14
3. Визначення координат точок. Побудова точок за заданими прямокутними координатами.....	15
3.1. Визначення координат точок	15
3.2. Нанесення на карту точки за заданими прямокутними координатами.....	16
4. Орієнтування напрямів.....	18
4.1. Кути орієнтування.....	18
4.2. Визначення дирекційних кутів.....	18
5. Зображення рельєфу на планах і картах. Розв'язування задач за допомогою горизонталей.....	20
5.1. Рельєф, форми рельєфу.....	20
5.2. Визначення висот точок по горизонталях.....	22
5.3. Кількісні характеристики крутизни схилу.....	23
5.4. Побудова лінії заданого ухилу.....	27
5.5. Побудова профілю місцевості за заданим напрямом.....	28
6. Визначення площ.....	31
Запитання і задачі для самостійної роботи.....	32
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	33

ВСТУП

Сучасна забудова міст, зведення промислових і цивільних об'єктів, а також реконструкція і ремонт будівель не можливі без глибоких знань з інженерної геодезії. Від змісту, повноти і точності геодезичних робіт в значній мірі залежить не тільки якість будівництва, але й довговічність споруд.

Геодезичні роботи є невід'ємною частиною інженерних вишукувань, проектування, а також супроводжують і завершують усі етапи будівництва, та експлуатації споруд. Основою для виконання першого етапу будівництва – проектування – є топографічний план, який містить у собі правильне відображення об'єктів на території передбаченої споруди і відомості про рельєф місцевості.

Для правильного розв'язування інженерних задач студенти будівельних спеціальностей, у тому числі ті, що навчаються без відриву від виробництва, мають одержати відповідну теоретичну підготовку, знати сучасні геодезичні методи і прилади, вміти їх застосовувати.

У методичних вказівках наведені стисло основні відомості про топографічні плани і профіль земної поверхні та приклади вирішення інженерних задач на топографічному плані.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПЛАН, КАРТУ І ПРОФІЛЬ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

1.1. Поняття про план, карту і профіль земної поверхні

Планом місцевості називають зменшене подібне зображення горизонтальної проекції невеликої ділянки місцевості, в межах якого кривизна рівневої поверхні не враховується.

Картою називають зменшене зображення на площині всієї поверхні Землі або значної її частини, складене в прийнятій картографічній проекції з урахуванням кривизни рівневої поверхні.

Профілем місцевості називається зображення на площині вертикального перетину поверхні місцевості в якому-небудь напрямку, побудоване за певними правилами. Профіль характеризує рельєф за вибраною лінією місцевості.

1.2. Математична основа й позарамкове оформлення карт і планів

Листи топографічних карт мають три рамки: внутрішню, минутну і зовнішню (рис.1.1). Внутрішня рамка утворена відрізками паралелей (ліній рівних широт), які обмежують зображення місцевості з півночі і півдня, і відрізками меридіанів (ліній рівних довгот), які обмежують зображення зі сходу і заходу. У кутах карти на продовженні меридіанів вказана їх довгота, а на продовженні паралелей – широта.

Між внутрішніми і зовнішніми рамками побудована минутна сітка, що являє собою дві паралельні лінії, розділені за широтою і довготою на минутні інтервали. Кожна минута довготи і широти поділена точками на шість частин, відстань між якими відповідає десяти секундам.

Крім сітки меридіанів і паралелей на топографічних картах зображена прямокутна сітка координат X і Y . Лінії прямокутної сітки проведені через інтервали, що відповідають цілій кількості кілометрів. Кожна лінія

кілометрової сітки продовжена за поле карти, де підписані значення X і Y в кілометрах. Повні значення X підписують на крайніх, північній і південній лініях кілометрової сітки, наприклад, 6019 км, на проміжних лініях пишуть десятки і одиниці кілометрів 20, 21 і т.д. Повне значення Y із зазначенням номера зони підписують біля крайніх західної і східної лінії кілометрової сітки, наприклад, 3452, де 3 – номер зони. У проміжку між крайніми лініями підписують десятки й одиниці кілометрів координати Y .

Посередині лінії зовнішньої рамки в розриві з усіх чотирьох боків указана номенклатура суміжних листів.

Над північною рамкою вказана номенклатура листа, а в дужках – назва найбільшого населеного пункту, що розміщений на цій карті. Під південною рамкою листа карти підписані масштаби карти (чисельний, іменований і лінійний), висота перетину рельєфу, система висот. Під південно-західним кутом рамки знаходиться схема взаємного розміщення істинного, магнітного і осьового меридіанів з приведенням величин середнього наближення меридіанів і магнітного схилення, річного схилення магнітної стрілки.

Під південно-східним кутом розміщений графік закладень.

Поза рамкою топографічні плани оформлюють значно простіше і містять менше інформації у порівнянні з топографічними картами. Підписи ліній координатної сітки наводяться в місцевій системі координат. Під південною рамкою вказують лише чисельний масштаб і переріз рельєфу. Також наводять схему розташування суміжних листів плану.

Лінії сітки прямокутних координат проведені через 10 см. Їх виходи за внутрішню рамку підписують у кілометрах (для масштабів 1:5000 і 1:2000) або в метрах (для масштабів 1:1000 і 1:500).

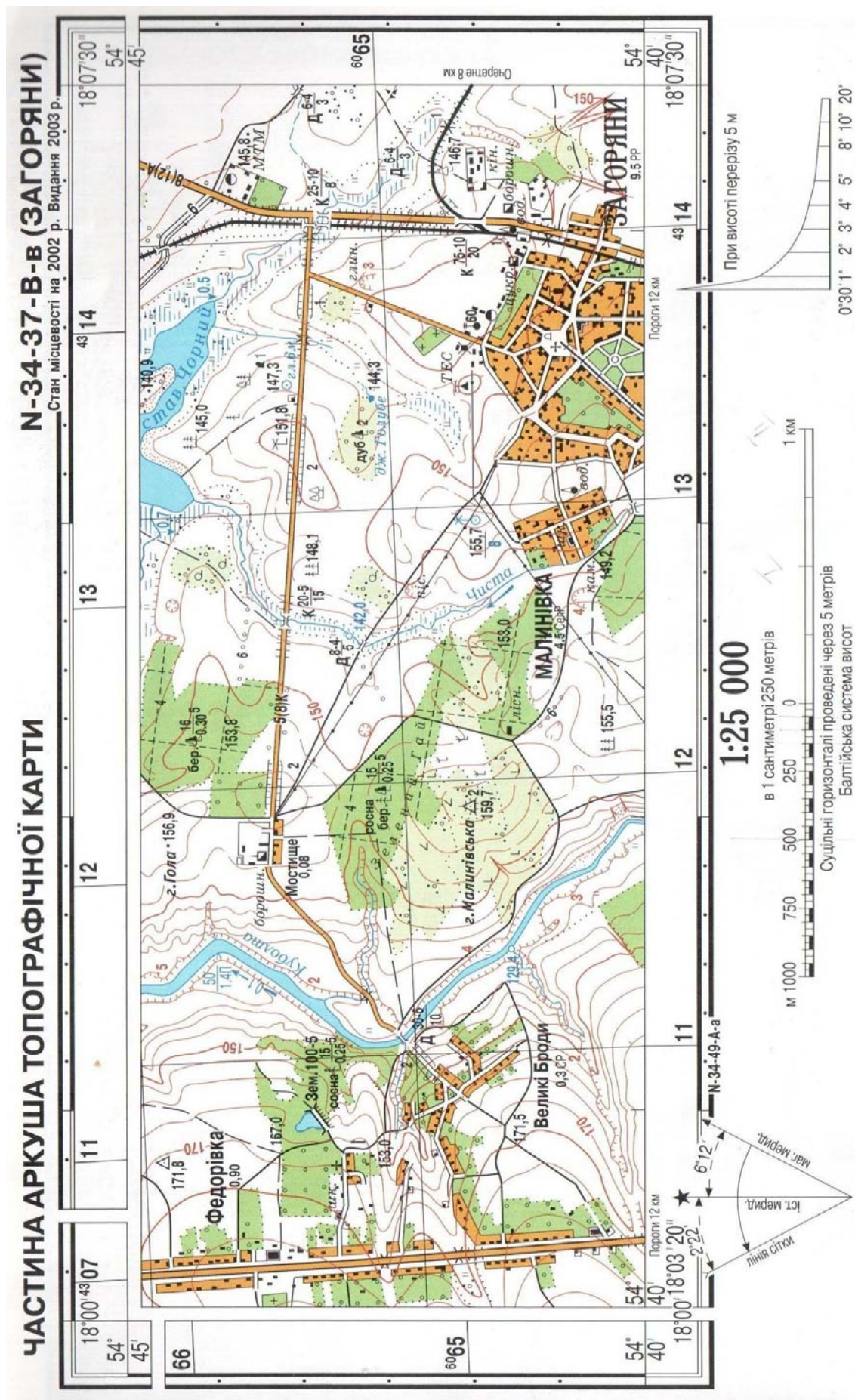


Рис. 1.1 – Фрагмент топографічної карти

1.3. Умовні знаки топографічних планів і карт

Топографічні плани і карти є об'єктивним відображенням Земної поверхні, графічним описом її ситуації і рельєфу. Вони містять великий обсяг інформації про природні умови і особливості соціально-економічного розвитку країни.

На планах місцевість зображують за допомогою умовних знаків.

Умовні знаки поділяють на позамасштабні, масштабні (контурні), лінійні й пояснювальні.

Позамасштабні умовні знаки застосовують для зображення об'єктів, невеликі розміри яких не дозволяють виразити їх в масштабі карти (наприклад, дорожні покажчики, окремі дерева, стовпи, свердловини і та ін.).

Масштабні (контурні) умовні знаки складаються із зовнішнього контуру, що обмежує даний об'єкт, і умовних знаків всередині контуру. Масштабні (контурні) умовні знаки застосовують для зображення об'єктів, що виражаються в масштабі карти або плану (наприклад, будівлі, майдани, угіддя, болота, озера і та ін.).

Лінійні умовні знаки застосовують для зображення витягнутих об'єктів, ширина яких не може бути виражена в масштабі карти або плану (наприклад, інженерні мережі, дороги і та ін.).

Пояснювальні являють собою цифрові дані, які характеризують елементи ситуації: габарити і вантажопідйомність мостів, швидкість і напрямок течії водотоків, основну породу дерев лісових угідь, гущину лісу і середній розмір дерев, ширину шосейних доріг. Пояснювальні надписи супроводжують площинні, лінійні і позамасштабні умовні знаки.

Залізниці і автомобільні шляхи, міські вулиці, річки і струмки можуть зображатися лінійними або площинними умовними знаками в залежності від масштабу карти або плану.

Для більшої наочності топографічні карти і плани складають і видають багатокольоровими. Елементи гідрографії показують блакитним кольором,

рослинність - зеленим, рельєф - горизонталями світло-коричневого кольору. Квартали міст і шосе на картах показують оранжевим кольором, а вулиці і внутрішньоквартальні дороги на планах - розовим. Інші елементи ситуації зображують чорним кольором.

Перелічені умовні знаки є обов'язковими для всіх організацій, які випускають топографічні матеріали. Ще є спеціальні умовні знаки, які встановлюють відповідні галузеві організації і застосовують для складання спеціальних (тематичних) карт і планів.

2. МАСШТАБИ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І КАРТ.

ВПРАВИ З МАСШТАБАМИ

2.1. Види масштабів

На геодезичних кресленнях, планах і картах усі предмети місцевості зображують зі значним зменшенням проти їх дійсних розмірів.

Потрібно пам'ятати, що для отримання плану або карти місцевості фізичну поверхню Землі проектують на рівневу поверхню, тобто на поверхню сфери. Цьому під дійсними розмірами, натуральними розмірами або натурою розуміють не розміри на фізичній поверхні землі, а розміри (довжини ліній, площі, кути) в її проекції на рівневу поверхню. На плані це зменшення буде одним і тим же для всієї його площі. На картах ступінь зменшення зображених на них предметів різниться для різних частин карти.

Ступінь зменшення довжини ліній натури, що прийнята при отриманні зображення, називають *масштабом зображення*.

Ступінь зменшення ліній на плані (карті) відносно горизонтальних проекцій відповідних ліній місцевості називають *масштабом плану (карти)*.

Масштаб – відношення довжини відрізка на плані (карті) до горизонтальної проекції цього ж відрізка на місцевості.

Масштаб зображення характеризують відношенням довжини якого-небудь відрізка на зображенні до відповідного йому відрізка в натурі (на місцевості).

Масштаб виражають для зображення поверхні Землі завжди правильним дробом. Цьому дробу завжди надають єдиний вид, а саме – чисельник дробу має дорівнювати одиниці; знаменник при цьому буде показувати, у скільки разів лінії місцевості зменшено при складанні плоского зображення земної поверхні. Знаменник цього дробу ***M*** називають ***знаменником масштабу***. Масштаб, що зображений правильним дробом, називають ***чисельним***.

Чисельний масштаб показує відношення довжини лінії, взятій на карті, до довжини відповідної лінії місцевості:

$$\frac{1}{M} = \frac{d}{D}, \quad (2.1)$$

де *d* - довжина відрізка на плані (карті),

D - довжина відповідного відрізка на місцевості.

Довжини ліній на плані (карті) і місцевості повинні бути виражені в одних і тих же одиницях (наприклад, в сантиметрах).

Чим більший знаменник чисельного масштабу карти (плану), тим менші зображення предметів у порівнянні з їх дійсними розмірами. Тому, порівнюючи різні масштаби, більшим називають той, у якого менший знаменник, а більш дрібним у якого знаменник більший.

Масштаб 1 : 10 000 можна записати – в одному сантиметрі сто метрів. У данному випадку його називають іменованим.

2.2. Вправи з масштабом

Для розв'язання цієї задачі користуються чисельним, лінійним або поперечним масштабом.

Для вимірювання відстані між заданими точками на карті (плані) користуються вивіреною лінійкою з міліметровими поділками. Довжину

відрізка виражають у сантиметрах, фіксуючи десяті й соті частки сантиметра. Помноживши результат вимірювання на число метрів, що вказані у іменованому масштабі, визначають довжину лінії.

Приклад. Відрізок на плані масштабу 1:2000 дорівнює 5,12 см. Шукана довжина лінії буде:

$$L = 5,12 \text{ см} \times 20 \text{ м} = 102,4 \text{ м}.$$

Приклад. Ми маємо зображення масштабу 1 : 100. Це означає, що одному сантиметру зображення відповідає сто сантиметрів місцевості, тобто один метр. При масштабі 1 : 100 000 одному сантиметру зображення відповідає 100 000 сантиметрів натури, тобто відрізок довжиною в один кілометр. На цьому прикладі видно, що два таких зображення будуть мати зовсім різні якості, - різну детальність зображення та різну точність.

Приклад. На карті виміряний відрізок довжиною в 2,13 см. На місцевості цьому відрізку відповідає відстань у 532,50 м. Потрібно визначити масштаб карти.

Щоб вирахувати зменшення, прийняте при складанні плану, потрібно 2,13 см поділити на 53 250,00 см. Отримаємо дріб

$$\frac{1}{M} = \frac{2,13}{53250,00} = \frac{1}{25000}.$$

Приклад. Потрібно побудувати на плані масштабу 1 : 1 000 відрізок, який відповідає відрізку на місцевості довжиною 84,37 м.

Одному сантиметру на плані в масштабі 1 : 1 000 відповідає 10 м на місцевості, а одному міліметру – 1 м.

$$d = \frac{D}{M} = \frac{84370 \text{ мм}}{1000} = 84,37 \text{ мм}.$$

Відрізку довжиною 84,37 м на місцевості, на плані масштабу 1 : 1 000 відповідає відрізок довжиною 84,37 мм, або заокруглений 84,4 мм.

Приклад. Потрібно визначити, якій кількості метрів на місцевості відповідає лінія, довжина якої на плані масштабу 1 : 5 000 складає 235,8 мм.

Складаємо пропорцію:

10 мм на плані	-	50 метрів на місцевості,
235,8 мм	-	x м.

Унаслідок розв'язання, отримаємо

$$x = \frac{235,8\text{мм} \cdot 50\text{м}}{10\text{мм}} = 1179,0\text{м}$$

Приклад. Відстань між двома точками на карті масштабу 1 : 2 000 складає $l = 56,4$ мм. Визначити довжину горизонтального прокладення d відповідної лінії на місцевості.

Вирахування виконують за формулою

$$d = l \cdot M ,$$

де M - знаменник чисельного масштабу, який показує, у скільки разів лінії місцевості зменшені при їх зображенні на карті.

$$d = 56,4 \text{ мм} \cdot 2\,000 = 112\,800 \text{ мм} = 112,8 \text{ м} .$$

Для безпосереднього визначення довжин відрізків на планах (картах), користуються графічними зображеннями масштабу: лінійним і поперечним.

Графіки *лінійних масштабів* (рис. 2.1) будують наступним чином. На прямій лінії від якоїсь точки 0 відкладають праворуч послідовно декілька відрізків довжиною 1 см. Ліворуч від точки 0 відкладають ще один такий відрізок і ділять його на десять рівних частин. Підписують сантиметрові поділки значеннями відповідних відрізків на місцевості для даного масштабу.

Один відрізок називають основою масштабу. Для масштабу 1 : 1 000 основа масштабу, яка дорівнює 1 см, відповідає 10 м на місцевості.

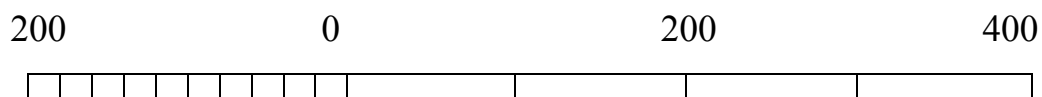


Рис. 2.1 – Лінійний масштаб

Приклад. Визначити довжину відрізка виміряного на карті масштабу 1 : 25 000, користуючись лінійним масштабом.

Для масштабу 1 : 25 000 основа лінійного масштабу дорівнює 500м (рис. 2.2). Основа, що знаходиться ліворуч від нульового штриха, розділена на 10 частин, одна частина дорівнює 50 м. Довжину відрізка вимірюють за допомогою циркуля-вимірювача, який прикладають до лінійного масштабу. Довжина відрізка буде дорівнювати числу метрів, що підписані над штрихом, з яким суміщена права ніжка циркуля (750) і числу метрів, що містяться між нулем і лівою ніжкою циркуля.

$$L_{AB} = 500 + 150 = 650 \text{ м.}$$

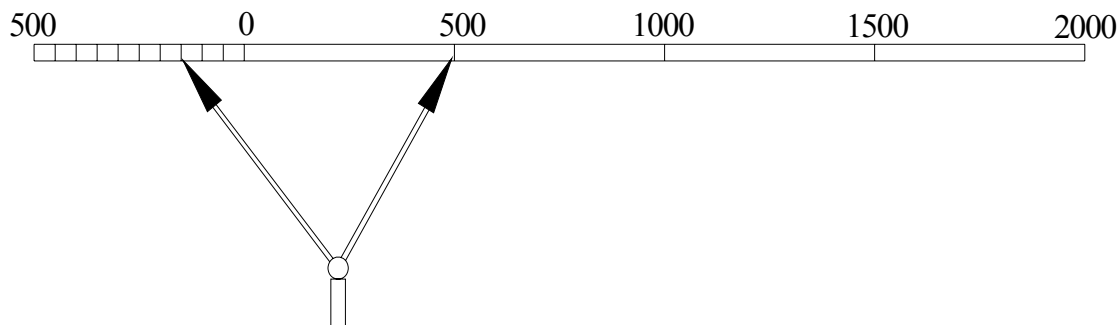


Рис. 2.2 – Вимірювання довжини лінії за допомогою лінійного масштабу

Для контролю довжину лінії вимірюють двічі.

По вищенаведеному лінійному масштабу можна безпосередньо брати довжину з точністю до 1 м, а десяті долі метра оцінюють на око.

Найменша величина, яку можна взяти по масштабу, безпосередньо носить назву найменшої поділки масштабу, а відповідна їй відстань на

місцевості – точність масштабу. Остання залежить від значення масштабу і способу його побудови.

Точність масштабу не слід змішувати з граничною точністю масштабу, яка відповідає роздільній здібності ока. Незалежно від способу побудови масштабу, на плані (карті) ми розрізняємо і здібні оцінити тільки 0,1 мм. Таким чином, гранична точність масштабу не залежить від побудови масштабу, вона завжди дорівнює 0,1 мм.

Поперечний масштаб – у вигляді поперечної шкали, утвореної поділками, довжини яких дорівнюють a , $a/10$, $a/100$. Найбільшого застосування знаходять шкали з $a = 2$ см (рис. 2.3).

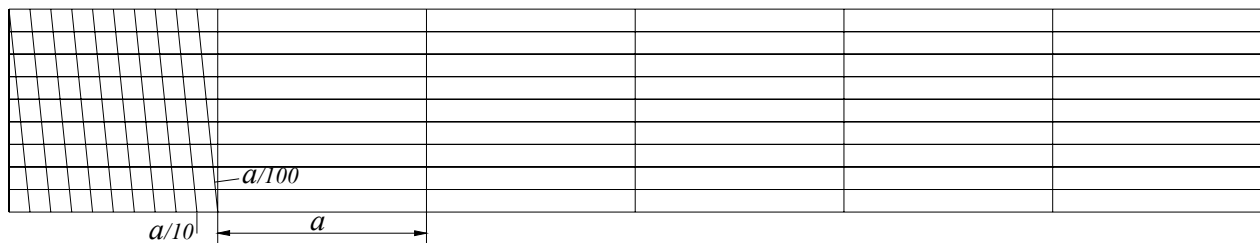


Рис. 2.3 – Шкала поперечного масштабу

Приклад. Визначити довжину відрізка АВ, що виміряний на карті масштабу 1:50000, користуючись поперечним масштабом.

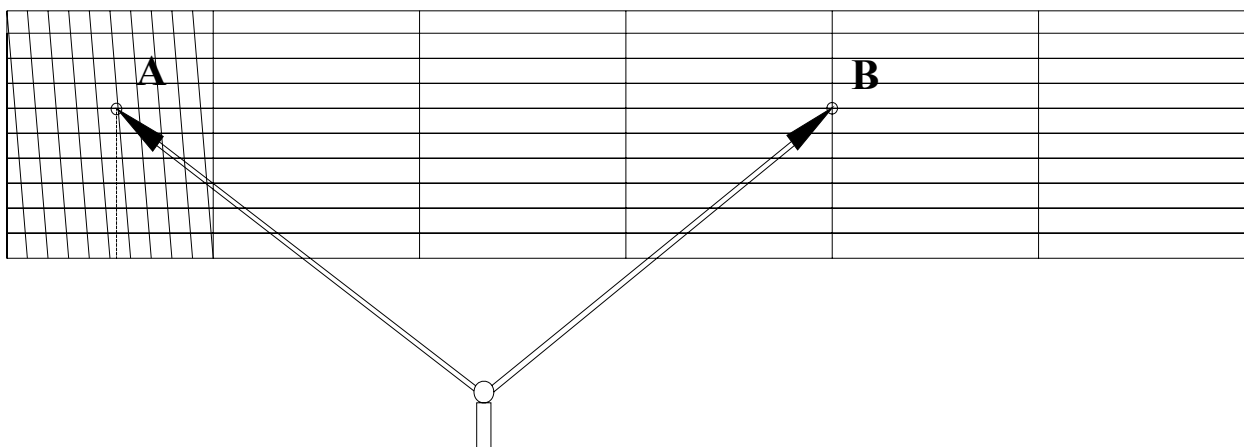


Рис. 2.4 – Вимірювання довжини лінії за допомогою поперечного масштабу

Для виміру довжини лінії треба вимірником перенести цю лінію на поперечну шкалу так, щоб права голка вимірника знаходилася на перпендикулярі, а ліва – на похилій лінії. Потім слід підрахувати n_1 – число поділок a , n_2 – число поділок $a/10$, n_3 – число поділок $a/100$. Довжину лінії визначають так:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = n_1 a + n_2 a/10 + n_3 a/100.$$

Для масштабу $1 : 5\,000$ $a = 100$. Довжина лінії AB (рис.2.4) буде такою

$$L = 3 \bullet 100 + 4 \bullet 10 + 6 \bullet 1 = 346 \text{ м.}$$

2.3. Побудова лінії заданої довжини в заданому масштабі

При побудові лінії заданої довжини в масштабі $1 : M$ необхідно по масштабній лінійці одержати розхил вимірника у вигляді відповідного набору поділок шкали, ціле число яких обчислюють послідовно.

Приклад. Побудувати лінію AB довжиною 1820 м у масштабі $1 : 25\,000$. Обчислюємо ціле число поділок a , $a/10$, $a/100$. Основа масштабу $1 : 25\,000$ $a = 500$ м.

$$n_1 = 1820 \text{ м} : 500 \text{ м} = 3 \bullet 500 + 320 \text{ м};$$

$$n_2 = 320 \text{ м} : 50 \text{ м} = 6 \bullet 50 + 20 \text{ м};$$

$$n_3 = 20 \text{ м} : 5 \text{ м} = 4.$$

Відрізок лінії відкладаємо вимірником (рис.2.5).

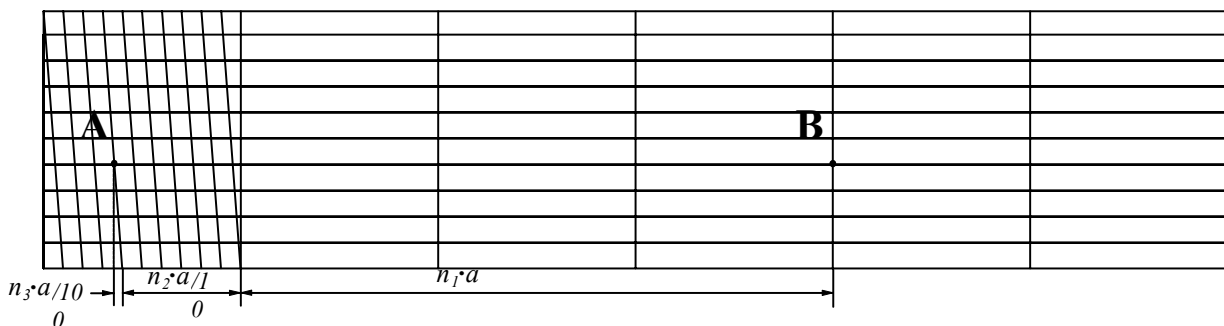


Рис. 2.5 – Побудова лінії заданої довжини в заданому масштабі

3. ВИЗНАЧЕННЯ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ТОЧОК. ПОБУДОВА ТОЧОК ЗА ЗАДАНИМИ ПРЯМОКУТНИМ КООРДИНАТАМ

3.1. Визначення прямокутних координат точок

В геодезії часто положення точок визначають у системі плоских прямокутних координат (рис. 5). У цій системі початок координат в точці O , вісь OX спрямована на північ, а вісь OY - на схід.

Північний напрямок вісі абсцис вважають додатнім (+), південний - від'ємним (-). Напрямок вісі ординат вважають додатнім на схід і від'ємним на захід.

Вісі координат поділяють площину на чотири частини, які називають чвертями: I - ПнСх, II - ПдСх, III - ПдЗх, IV - ПнЗх.

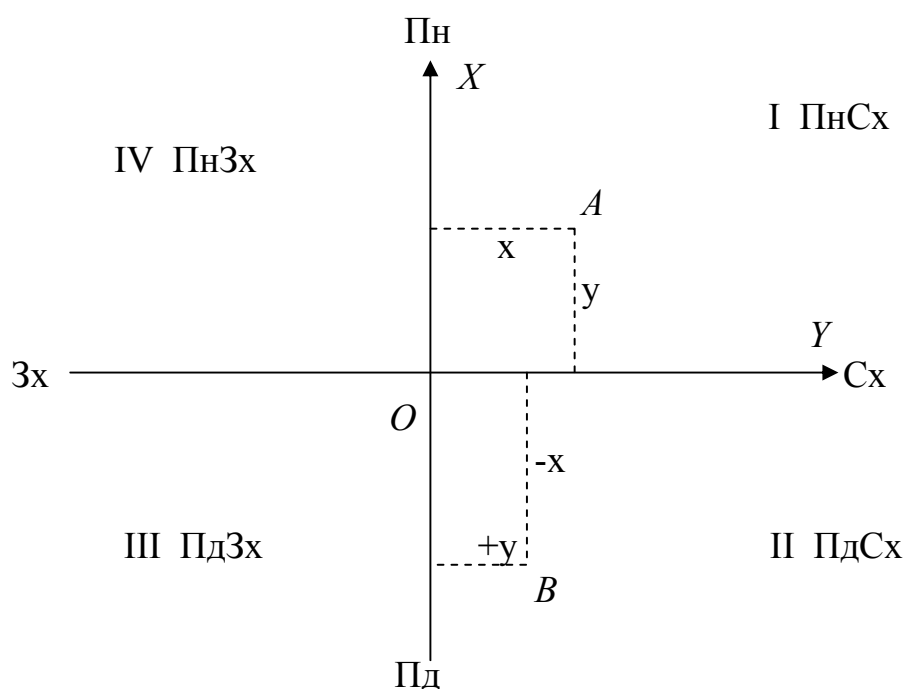


Рис. 3.1 – Система прямокутних координат

Приклад. Визначити на плані масштабу 1 : 2 000 координати точки A .

Користуючись підписами координат (рис. 3.2) на лініях сітки, визначають координати південно-західного кута квадрату, в якому розташована точка A , $x_{ПдЗх} = 79\,400,00$ м, $y_{ПдЗх} = 66\,400,00$ м.

Потім, за допомогою вимірювача та поперечного масштабу, вимірюють відстані до південної Δx та західної Δy сторін квадрату (по перпендикулярах), $\Delta x = 114,76$ м, $\Delta y = 79,54$ м. Шукані координати визначають за формулами

$$x_A = x_{П\partial 3x} + \Delta x = 79\,400,00 - 114,76 = 79\,514,76 \text{ м,}$$

$$y_A = y_{П\partial 3x} + \Delta y = 66\,400,00 - 79,54 = 66\,479,54 \text{ м.}$$

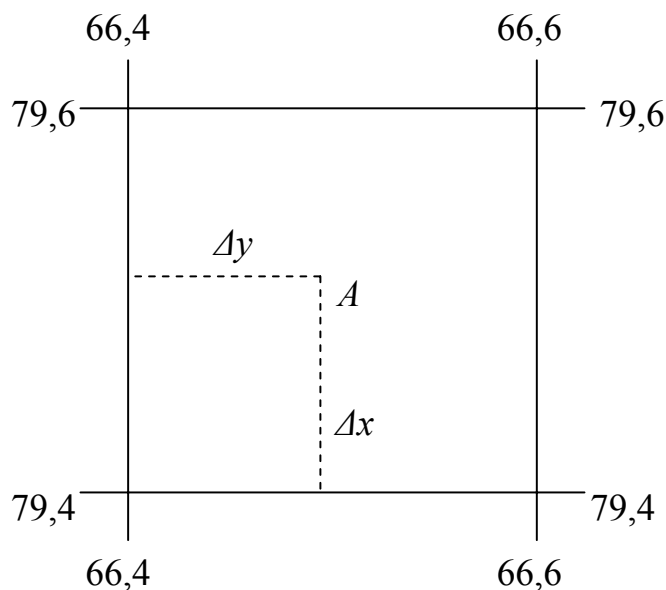


Рис. 3.2 – Схема визначення прямокутних координат точки

3.2. Нанесення на карту точки за прямокутними координатами

Розв'язання цієї задачі є зворотною відносно задач у п. 3.1.

Приклад. Побудувати на плані масштабу $1 : 2\,000$ точку B , якщо $x_B = 79\,485,27$ м, $y_B = 66\,505,38$ м.

Перш за все по підписам сітки координат (рис. 3.3) визначають, що шукана точка має розташовуватися саме в цьому квадраті, південно-західний кут якого має координати $x_{П\partial 3x} = 79\,400,00$ м, $y_{П\partial 3x} = 66\,400,00$ м.

Потім визначають відстані по лініям сітки (осям координат) $\Delta x, \Delta y$ від південно-західного кута квадрату до шуканої точки за формулами

$$\Delta x = x_B - x_{\text{Позх}} = 79\,485,27 - 79\,400,00 = 85,27 \text{ м},$$

$$\Delta y = y_B - y_{\text{Позх}} = 66\,505,38 - 66\,400,00 = 105,38 \text{ м}.$$

За допомогою вимірювача та поперечного масштабу відкладають значення Δx вгору від південно-західного та південно-східного кутів квадрату, де повинна бути розташована точка B . По точках m_1 і m_2 будують пряму лінію, на якій від точки m_1 в напрямку точки m_2 відкладають значення Δy . Таким чином отримують шукану точку B .

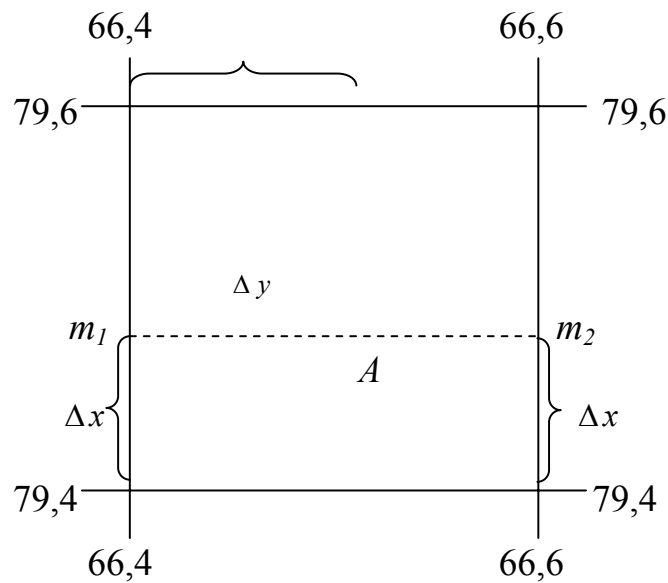


Рис. 3.3 – Схема побудови точки за прямокутними координатами

4. ОРІЄНТУВАННЯ НАПРЯМІВ

4.1. Кути орієнтування

Орієнтувати лінію – означає визначити її напрям відносно початкового напрямку. За початковий звичайно приймають північний напрям істинного, магнітного або осьового меридіанів. Для орієнтування напрямів користуються істинним азимутом, магнітним азимутом і дирекційним кутом.

На топографічних планах для орієнтування напрямів користуються дирекційним кутом.

Дирекційний кут – горизонтальний кут між північним напрямком осьового меридіана зони, або лінії, яка паралельна йому, до напрямку даної лінії, по ходу годинникової стрілки.

Значення дирекційних кутів змінюється од 0° до 360° . Залежність між прямим і зворотнім дирекційним кутом має вигляд

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ. \quad (4.1)$$

4.2. Визначення дирекційних кутів

Для визначення по карті дирекційного кута напрямку, використовують лінії осі абсцис координатної сітки. Дирекційний кут вимірюють за допомогою геодезичного транспортира. Існує два способи вимірювання дирекційного кута:

1. Через початкову точку напрямку провести лінію, що паралельна осі абсцис, і при цій точці виміряти дирекційний кут.
2. Заданий напрям продовжити до перетину з лініями координатної сітки і від точки перетину виміряти дирекційний кут (рис. 4.1).

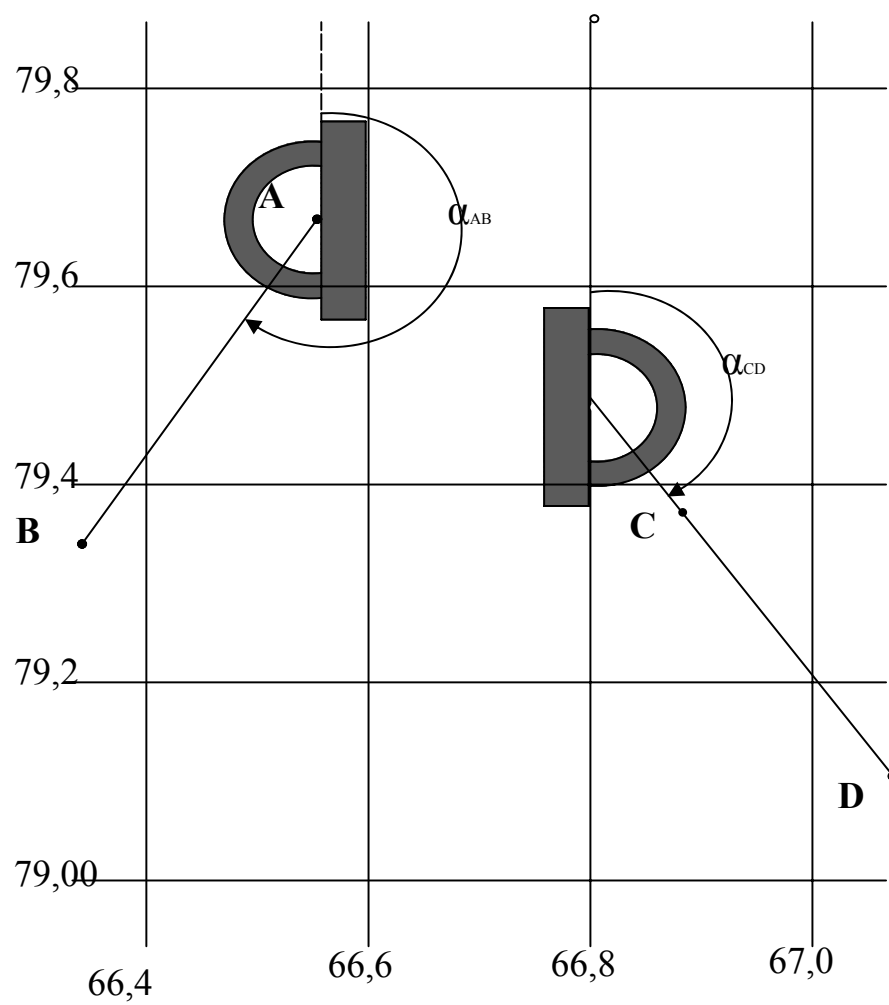


Рис. 4.1 – Визначення дирекційного кута

5. ЗОБРАЖЕННЯ РЕЛЬЄФУ НА КАРТАХ І ПЛАНАХ. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

5.1. Рельєф, форми рельєфу

Висота точки – це довжина відрізка прямовисної лінії від точки до рівневої поверхні. Якщо висоту точки визначають відносно основної рівневої поверхні, то таку висоту називають абсолютною, а коли за рівневу поверхню прийнята довільна поверхня, то висота називається умовною або відносною.

На топографічних картах (планах) рельєф зображують за допомогою горизонталей з написами позначок їх висот.

Горизонталь – це умовна крива лінія, яка з'єднує точки земної поверхні з однаковими висотами.

Висота перетину рельєфу – це вертикальна відстань між сусідніми січними площинами. Висоту перетину рельєфу звичайно позначають під південною рамкою листа карти (плану); вона може приймати значення 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 50,0; 100,0, залежно від рельєфу та масштабу карти (плану).

Позначки горизонталей кратні висоті перетину рельєфу. Для полегшення читання рельєфу кожен п'яту горизонталь проводять потовщеною лінією і підписують її висоту в розриві горизонталі згідно з напрямом схилу місцевості (верх підпису вказує напрямок підвищення схилу). В деяких випадках для більш детального відображення рельєфу застосовують напівгоризонталі (штрихові лінії), висоти яких кратні половині висоти перетину рельєфу. На відміну від основних горизонталей, напівгоризонталі можна обривати, як тільки в них минає потреба.

Горизонтальну відстань d між сусідніми горизонталями називають закладенням. Останнє характеризує величину нахилу рельєфу місцевості. Чим нахил більший, тим менше закладення. Для візуального визначення напрямку

схилів перпендикулярно до горизонталі проставляють берг-штрихи, які направлені в бік зниження схилу.

Крім горизонталей для характеристики рельєфу позначають висоти характерних точок (наприклад, вершини, колодязя, перехрестя доріг).

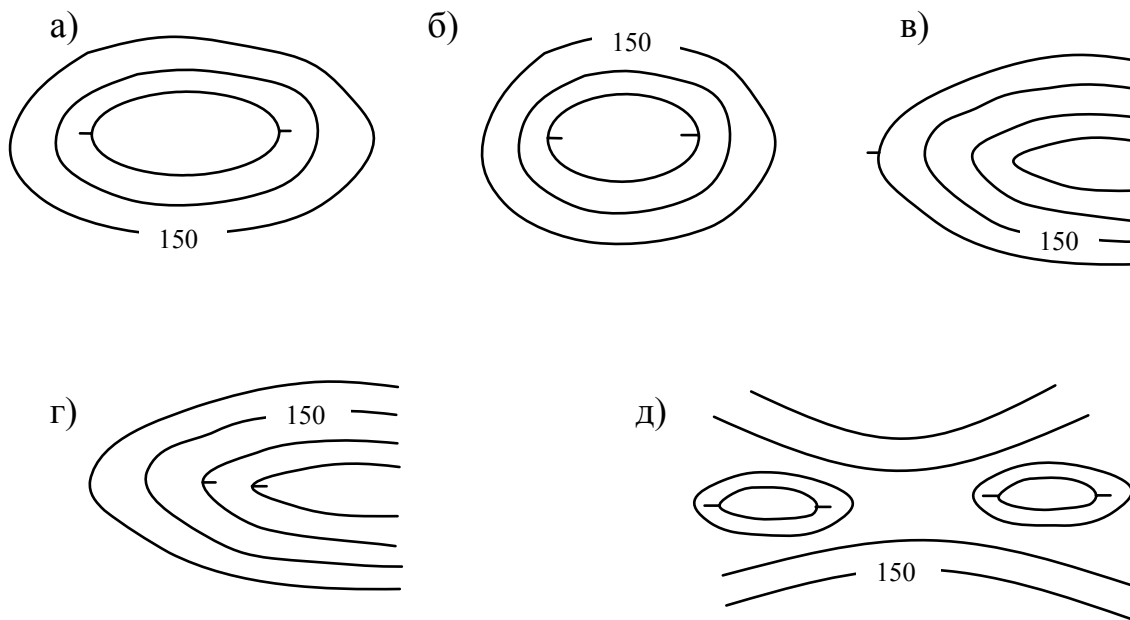


Рис. 5.1 – Основні форми рельєфу

Основні форми рельєфу такі:

1. Гора, пагорб – куполоподібне підвищення земної поверхні. Найвища точка – вершина, бокова поверхня – схили, нижня частина – основа або підосва гори (рис. 5.1а);
2. Улоговина, котловина – це чашоподібне заглиблення земної поверхні. Найнижча точка – дно, бокові поверхні – схили, лінія перетину з рівнинною місцевістю – бровка. Гора і улоговина на карті (плані) зображують замкнутими кривими. Берг-штрихи на горизонталях гори спрямовані від її вершини до основи, по горизонталях улоговини – в напрямку до дна (рис. 5.1б).
3. Хребет – витягнута височина, упродовж якої проходить вододільна лінія (рис. 5.1в).

4. Лощина – витягнуте зниження земної поверхні, упродовж якого проходить лінія водостоку (рис. 5.1г).
5. Сідловина – пониження між двома сусідніми гірськими вершинами або підвищення, що нагадує за своєю формою сідло (рис. 5.1д).

Вивчення рельєфу починають з визначення на карті напрямів підвищення та пониження місцевості. При цьому керуються наступними признаками:

- а) бергштрихи завжди спрямовані в бік пониження;
- б) основи цифр, якими позначені горизонталі, розташовані в напрямку пониження скату;
- в) до водойм і водостоків місцевість понижується;
- г) в один бік від горизонталей місцевість понижується, а в іншу - підвищується;
- д) горизонталі перегинаються на водорозподільних лініях хребтів і на тальвегах лощин.

5.2. Визначення висот точок за горизонталями

Висоти точок місцевості можна встановити за горизонталями на карті (плані). Якщо точка лежить на горизонталі, то висота її дорівнює висоті даної горизонталі (рис. 5.2).

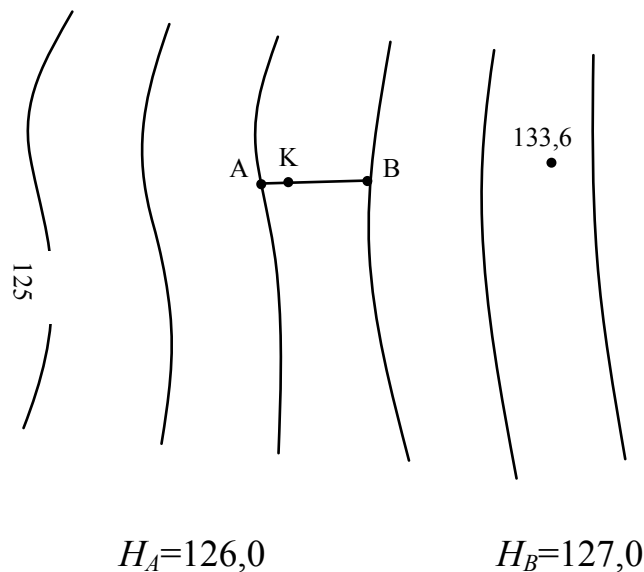


Рис. 5.2 – До визначення висот точок за горизонталями

Якщо точка лежить між горизонталями, то для визначення її висоти необхідно провести через цю точку лінію схилу АВ між горизонталями, яка відповідає найменшому закладенню (рис.5.2). Висота точки К дорівнює:

$$H_K = H_A + h_{AK}, \quad (5.1)$$

де h_{AK} – перевищення токи К над точкою А;

$$h_{AK} = \frac{H_B - H_A}{d_{AB}} d_{AK}, \quad (5.2)$$

де d_{AB} - найменше закладення в точці К;

d_{AK} - відстань від точки по лінії схилу до „молодшої” горизонталі., тобто до горизонталі, що має меншу висоту.

Перевищення h_{AK} пропорційне довжині d_{AK} . Для наближеного визначення перевищення необхідно оцінити „на око” частину ($d_{AK} : d_{AB}$) перерізу рельєфу ($H_B - H_A$).

5.3. Кількісні характеристики крутизни схилу

Лінії земної поверхні звичайно мають якийсь нахил, тому що початок і кінець мають різні висоти.

Мірою крутизни схилу є уклон і кут нахилу лінії до горизонту.

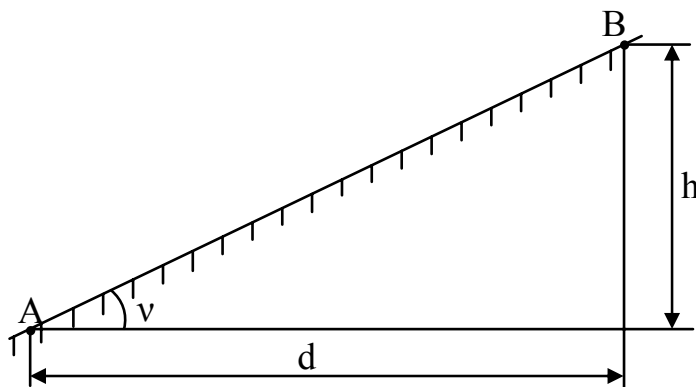


Рис. 5.3 – До визначення крутизни схилу

Уклоном лінії називають відношення перевищення h до горизонтального прокладення d :

$$i = \frac{h}{d}, \quad (5.3)$$

де $h = H_B - H_A$.

Виражають ухил у відсотках (‰) - сотих частках одиниці, або промілях – тисячних частках одиниці (‱).

З другого боку, відношення перевищення до горизонтального прокладення дорівнює тангенсу кута нахилу лінії, тому

$$i = \operatorname{tg} \nu, \quad (5.4)$$

що дозволяє, обчисливши ухил, визначити по ньому кут нахилу.

При користуванні картою кути нахилу визначають за допомогою графіка закладень, що розміщується під південною рамкою карти.

Для побудови графіка закладень на горизонтальній лінії відкладають довільні кути нахилу. В точках поділу ставлять перпендикуляри і відкладають на них у масштабі плану горизонтальні проекції d , визначені за формулою (5.5). Кінці перпендикулярів з'єднують плавною кривою (рис. 5.4):

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} \nu}. \quad (5.5)$$

Графік закладень для ухилів (рис.5.4) будують, використовуючи формулу (5.6):

$$d = \frac{h}{i}. \quad (5.6)$$

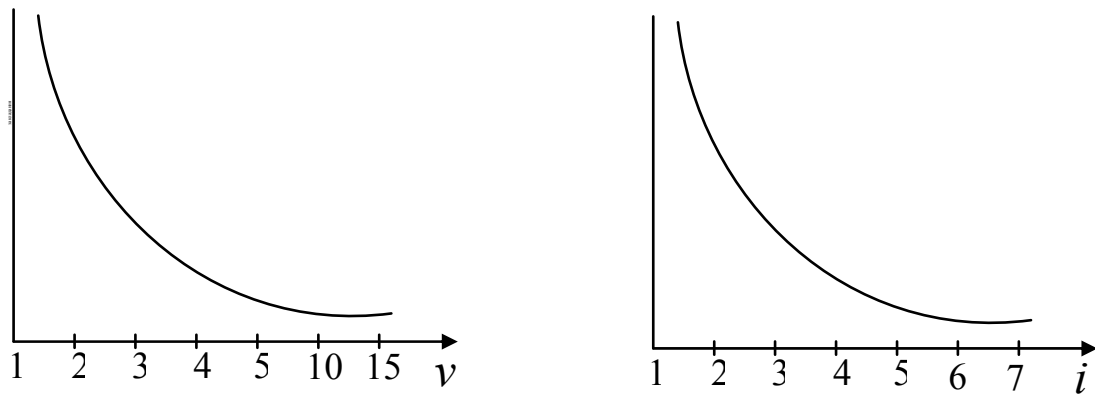


Рис. 5.4 – Графік закладень для кутів нахилу і ухилів

Для визначення уклону будь-якої лінії, або кута нахилу беруть у розчин вимірювача відстань між сусідніми горизонталями, переносять її на графік і визначають уклон або кут, який відповідає цьому закладенню (рис. 5.5).

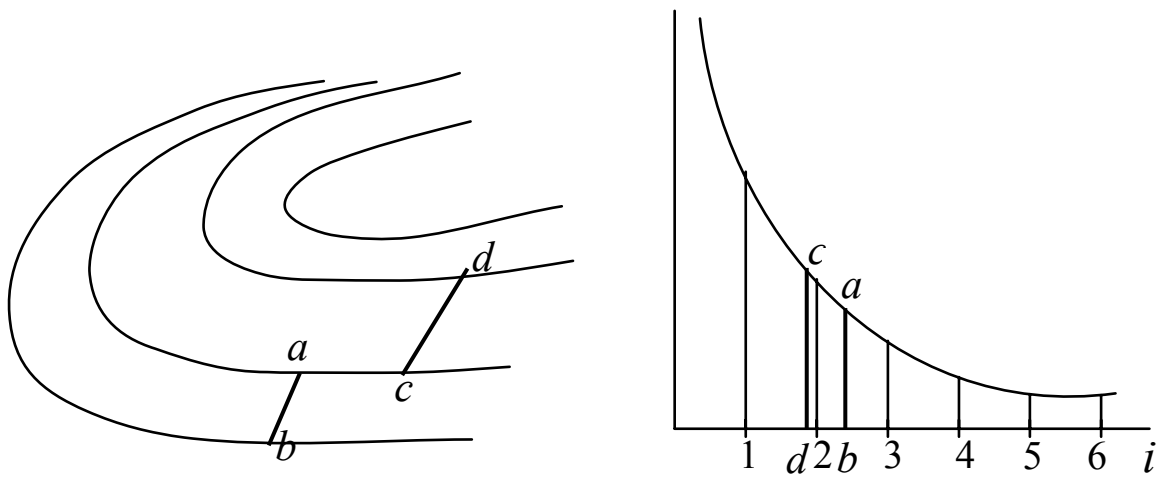


Рис. 5.5 – Визначення кількісних характеристик

Приклад. Користуючись картою (масштаб 1 : 5 000, переріз рельєфу h складає 2 м) вирахувати кут нахилу v і ухил місцевості i .

Вимірюють на карті потрібне закладення. Якщо виміряне закладення дорівнює 8,5 мм, то відповідна довжина лінії місцевості складає $a = 8,5 \cdot 5\,000 = 42\,500\text{ мм} = 42,5\text{ м}$.

Кут нахилу в градусній мірі визначають за формулою $v^{\circ} = \frac{57^{\circ} \cdot h}{a}$.

Підставивши значення, отримують $v^{\circ} = \frac{57^{\circ} \cdot 2\text{ м}}{42,5\text{ м}} = 2,7^{\circ}$.

Ухил місцевості (тангенс кута нахилу лінії місцевості) визначають за формулою $i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{a}$.

Для випадку, який розглядають, $i = \frac{2\text{ м}}{42,5\text{ м}} = 0,047$.

Приклад. Користуючись картою (масштаб 1 : 5 000, переріз рельєфу h складає 2 м) визначити крутість рівного схилу між заданими точками.

Виміряна на карті відстань між кінцями лінії рівного схилу дорівнює 14,0 мм. Різниця висот кінців лінії $\Delta H = 3 \cdot 2\text{ м} = 6\text{ м}$ (між першою та четвертою горизонталями). Відстань між цими точками на місцевості $L = 14,0\text{ мм} \cdot 5\,000 = 70\,000\text{ мм} = 70\text{ м}$.

Крутість рівного схилу визначають за формулою $v^{\circ} = \frac{57^{\circ} \cdot \Delta H}{L}$.

Для даного схилу $v^{\circ} = \frac{57^{\circ} \cdot 6\text{ м}}{70\text{ м}} = 4,9^{\circ}$.

5.4. Побудова лінії заданого ухилу

Завдання полягає в побудові найкоротшої ламаної лінії, ухил якої за абсолютною величиною не перевищує заданого значення i_{zp} , тобто $|i| \leq |i_{zp}|$. Спочатку слід обчислити закладення горизонталей, що відповідає заданому ухилу (5.7):

$$d = \frac{h}{|i_{zp}|}. \quad (5.7)$$

Отриману довжину в масштабі беруть у розхил вимірника. Якщо точка A (чи B) знаходиться на горизонталі, то цим розхилом вимірника з точки A (чи B) засікають наступну горизонталь і одержують точку 1; далі тим же розхилом вимірника з точки 1 засікають наступну горизонталь і одержують точку 2 і т.д. У випадку, коли між горизонталями відстань більше обчисленого закладення, з точки на попередній горизонталі проводять лінію, спрямовану до кінцевої точки B (чи A) до перетину з наступною горизонталлю. З'єднавши ці точки, одержують ламану лінію, ухил якої не більше заданого (рис. 5.6).

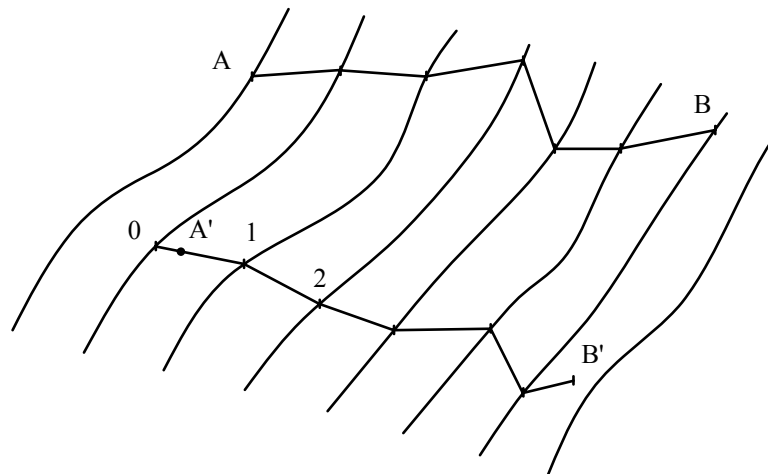


Рис. 5.6 – Ламана лінія із заданим ухилом

Якщо точка A' (чи B') знаходиться між горизонталями, то, насамперед, необхідно провести через точку A' (чи B') лінію із заданим ухилом. Для цього треба дві точки закладення 0, 1 і точку A' розташувати на одній прямій.

Вирішення завдання має кілька варіантів лінії. Перевагу слід віддати тому варіанту, при якому довжина ламаної лінії і число великих кутів повороту менше (під кутом повороту ламаної розуміється кут між продовженням попередньої лінії і наступною лінією).

5.5. Побудова профілю місцевості за заданим напрямом

Для найвиразнішого зображення рельєфу профіль будують у двох масштабах – горизонтальному і вертикальному.

Масштаб горизонтальних відстаней дорівнює масштабу карти, а вертикальний (для висот) - беруть більшим у 10 разів.

На прямій АВ необхідно, насамперед, намітити точки 1, 2, 3, ..., n , за допомогою яких найбільш повно можна зобразити профіль місцевості по лінії АВ (рис. 5.7). До таких точок слід віднести точки перетину лінії АВ з горизонталями, з лініями вододілу, тальвегу, вершини сідловини та інші точки зміни напрямку профілю.

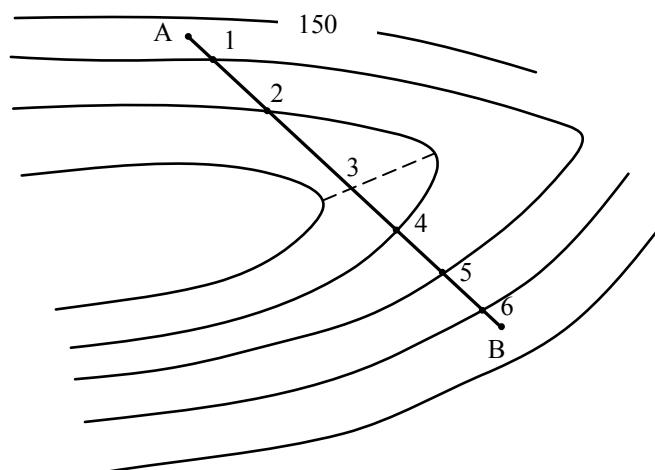


Рис. 5.7 – Точки профілю лінії

Для побудови профілю використовують різні масштаби горизонтальних і вертикальних довжин. У навчальному завданні горизонтальний масштаб 1 : 2 000 дорівнює масштабу плану, а вертикальний масштаб – 1 : 200.

Вихідні дані для побудови профілю заносять до сітки профілю. У рядку „Відстані” міткою позначають положення точки A , потім вимірником, зберігаючи масштаб, переносять відрізки $A1$, $A2$, $A3$, ..., AB і мітками позначають точки $1, 2, 3, \dots, B$. За горизонталями одержують висоти точок профілю і заносять їх до відповідного рядка сітки.

Для побудови профілю треба вибрати лінію умовного горизонту (будь – яку лінію або верхню лінію сітки профілю) і привласнити їй таке умовне значення висоти, щоб найнижча точка профілю (H_{\min}) знаходилась від цієї лінії на 2 - 3 см.

На перпендикулярах до міток від лінії умовного горизонту у вертикальному масштабі відкладають висоти. Суміжні точки необхідно з'єднати прямими, в результаті чого ламана буде представляти профіль місцевості (рис. 5.8).

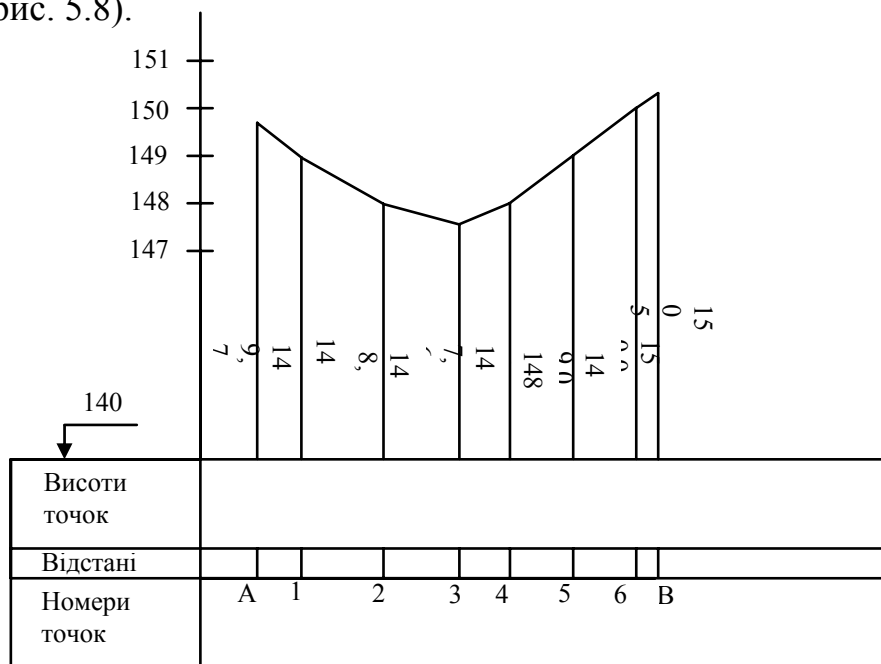


Рис. 5.8 – Профіль лінії

6. ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ

Площі ділянок місцевості визначають за топографічними картами аналітичним, графічним або механічним способом.

1. Аналітичний спосіб визначення площ ділянок застосовують, коли відомі прямокутні координати x, y його вершин.

Якщо вершини ділянки пронумерувати за ходом стрілки годинника (рис. 6.1), то формули визначення площі можна представити в загальному вигляді:

$$S = 0.5 \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}); S = 0.5 \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}).$$

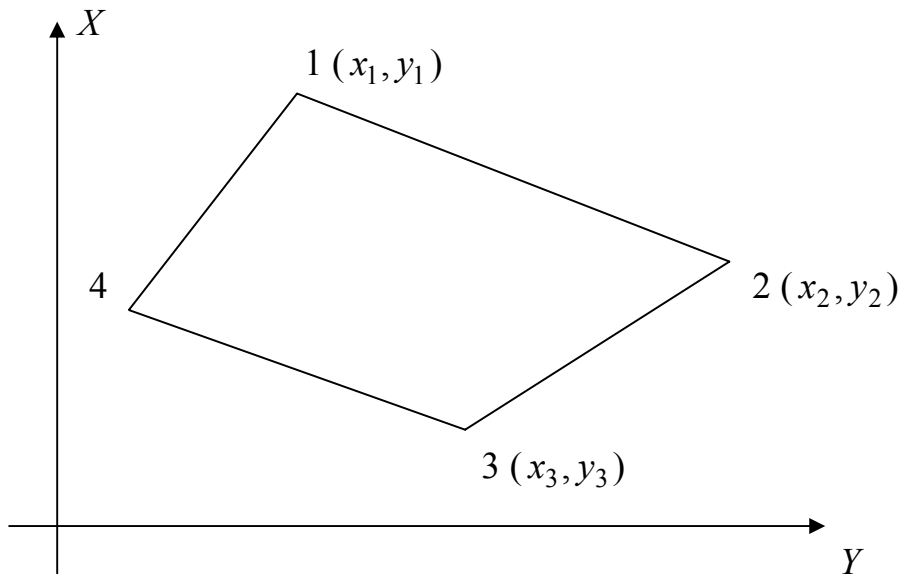


Рис. 6.1 – Схема до визначення площі аналітичним способом

Формули для визначення площі достатньо прості, проте вимагають значного обсягу вирахувань.

Точність визначення площ ділянок аналітичним способом відповідає точності вимірювань ліній на місцевості, тобто 1: 1000. Тому при вирахуваннях значення координат округлюють до 0,1 м.

2. Графічний спосіб використовують при визначенні площ з розбивкою ділянки на геометричні фігури, або за допомогою палетки. У першому випадку площу обчислюють як суму площ елементарних геометричних фігур.

У другому випадку на ділянку, площу якої визначають, накладають палетку з прозорого матеріалу з сіткою квадратів і підраховують кількість цілих квадратів усередині контуру і неповних на його межі.

3. При механічному способі площу ділянок визначають спеціально сконструйованим для цієї мети механічним приладом – планіметром.

Запитання і задачі для самостійної роботи

1. Що називають топографічним планом і картою? Чим відрізняється план від карти?
2. Що називають горизонталлю, висотою перерізу рельєфу, закладенням між горизонталями?
3. Які основні властивості горизонталей? Які форми рельєфу прийнято називати основними? Наведіть схему зображення горизонталями сідловини.
4. Чим характеризується крутизна схилу лінії місцевості? Як визначити на топографічному плані ухил лінії місцевості?
5. Як через точку на топографічному плані провести лінію найбільшої і найменшої крутості?
6. Що таке профіль земної поверхні і як він будується в заданому напрямку на топографічному плані?
7. Яку величину (в мм) слід приймати за граничну графічну точність побудови на планах і картах? Визначте графічну точність (м) карти масштабу 1 : 25 000.
8. Які математичні моделі планети Земля розглядаються в геодезії?
9. Визначте чисельний масштаб плану у вигляді дробу $1 : M$, якщо довжина горизонтального прокладення лінії на місцевості дорівнює $d_m = 134,5\text{м}$, а на плані відповідно $d_{пл} = 2,70\text{см}$.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Геодезія / за заг. ред. С. Г. Могильного і С. П. Войтенка. – Донецьк : Вид-во ТОВ Технопарк ДонДТУ «УНІТЕХ», 2003. – 458 с.
2. Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник / С. П. Войтенко – К.: Знання, 2009. – 557 с.
3. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. – 255 с.
4. Войславський Л. К. Основи топографії : навч.-метод. посібник / Л. К. Войславський; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2005. – 44 с.
5. Практикум до виконання розрахунково-графічних робіт з курсу інженерної геодезії / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад. : В. Д. Шипулін, Л. Г. Запара; – Х. : ХНАМГ, 2003. – 36 с.
6. Практикум до виконання розрахунково-графічних робіт з курсу інженерної геодезії : частина 2 / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад. : В. Д. Шипулін, В. В. Новицький, Л. Г. Запара. – Харків: ХНАМГ, 2004 р.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи з курсу інженерної геодезії.
Частина 1.

«Розв'язання інженерних задач на топографічному плані»

(для студентів 2 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»).

Укладачі: **Глушенкова** Ірина Сергіївна,

Запара Любов Георгіївна

Відповідальний за випуск: *І. М. Патракеєв*

Редактор: *Д. Ф. Курильченко*

Комп'ютерне верстання: *І.В. Волосожарова*

План 2009, поз. 103М

Підп. до друку 17.12.2010
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60х84 1/16
Ум. друк. арк. 1,5
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідectво суб'єкта видавничої справи:

ДК №731 від 19.12.2001